品种和营养水平对猪生长性能、胴体性状和肉质的影响

李登赴[1,2] 万 津[1*] 徐 兵[1] 陈代文[1] 余 冰[1] 何 军[1**]

（1.四川农业大学动物营养研究所，动物抗病营养教育部重点实验室，成都 611130；2.贵阳市畜牧站，贵阳 550081）

摘 要：本试验旨在研究品种和营养水平对猪生长性能、胴体性状和肉质的影响。选择12对初始体重为（61.16±4.13） kg的高坡猪和“杜×长×太”三元杂交猪(DLT)，随机分成4个处理，饲喂不同营养水平[NRC（2012）、中国猪饲养标准（2004）]的全价饲粮，试验猪平均体重达90 kg时屠宰。结果表明：DLT的眼肌面积显著高于高坡猪（P<0.05），而肌内脂肪含量、平均背膘厚、肉色的亮度（L*）$_{24\ h}$和黄度（b^*）$_{24\ h}$显著低于高坡猪（P<0.05）；饲喂高营养水平的饲粮可以显著降低猪的料重比（P<0.05）；饲粮营养水平升高显著提高了高坡猪的平均日增重、平均日采食量、胴体长和肉色的红度（a^*）$_{24\ h}$（P<0.05），显著降低了肉色的$L^*_{24\ h}$、滴水损失以及背最长肌固醇调节元件结合蛋白-1c和激素敏感性脂肪酶mRNA的相对表达量（P<0.05）；饲粮营养水平升高显著降低了DLT肉色的$a^*_{45\ min}$和$a^*_{24\ h}$（P<0.05）。综上所述，在本试验条件下，品种和营养水平对猪生长性能、胴体性状和肉质有显著影响；DLT胴体性状优于高坡猪，肉质反之。饲粮营养水平升高显著提高了DLT胴体性状和高坡猪的肉质，对生长性能有一定的改善。

关键词：品种；营养水平；生长性能；胴体性状；肉质

中图分类号：S828

高坡猪是贵州省一个重要的地方猪种，具有耐粗饲、肉质好、性早熟、抗逆性强等优点。“杜×长×太”三元杂交猪（DLT）不仅具有我国地方良种猪繁殖性能好的特点，而且能够适应当地社会经济条件。尽管国内对地方猪所需营养水平研究层出不穷[1-2]，但是，高坡猪和DLT所需营养水平仍不明确。因此，探究营养水平对高坡猪和DLT生长性能、胴体性状和肉质的影响具有较大生产意义。研究表明，不同品种的猪肌内脂肪、肌肉pH、大理石纹、肉色、系水力等不同，即肉质在品种间存在显著差异，不同品种对肉质的影响不同[3-5]。饲粮中能量的供给能直接影响肌肉的最终pH、剪切力、系水力和肉色[6-7]；饲粮蛋白质水平增加，胴体背膘下降，瘦肉率增加[8]；饲粮中添加维生素和矿物质可以显著改善肌肉品质[9-11]。可见，不同营养水平对肉质的影响不同。由于遗传背景不同，高坡猪与含有外来血缘的DLT的肉质应该存在一定差异。此外，营养水平对高坡猪和DLT肉质的影响也会有所不同。因此，本试验选用体型相

收稿日期：2015-10-09

基金项目：四川省农业科技成果转化项目（2013NC0053）；贵阳市创新人才计划（[2012HK]209-39）

作者简介：李登赴（1979-），男，贵州六盘水人，硕士研究生，从事猪的营养研究。E-mail: ldf_1979@163.com

*同等贡献作者

**通讯作者：何 军，研究员，博士生导师，E-mail： hejun8067@163.com

近的高坡猪和DLT为试验对象，饲喂不同营养标准配制的全价饲粮，研究不同营养水平对高坡猪和DLT的生长性能、胴体性状和肉质的影响，旨在揭示高坡猪和DLT的肉质差异及其与2种营养水平的适配性，为高坡猪、DLT生产上的饲粮配制提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验设计与动物

试验采用2×2因子设计，主效应分别为品种（高坡猪、DLT）和营养水平[NRC（2012）、中国猪饲养标准（2004）]。选择初始体重为（61.16±4.13） kg的DLT和高坡猪各12头，分为4个处理：DLT中国猪饲养标准（DLT+C），DLT NRC饲养标准（DLT+N），高坡猪中国猪饲养标准（高坡猪+C），高坡猪NRC饲养标准（高坡猪+N）。每个处理6头猪。

1.2 试验饲粮

试验饲粮为玉米-豆粕型饲粮，参考NRC（2012）及中国猪饲养标准（2004）相应阶段营养需要配制，饲粮组成及营养水平见表1。

表 1 饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of diets (air-dry basis)

项目 Items	含量 Content	
	N	C
原料 Ingredients		
玉米 Maize	73.40	66.62
豆粕 Soybean meal	17.74	11.52
麦麸 Wheat bran	3.30	19.95
赖氨酸 Lys	0.37	0.04
DL–蛋氨酸 *DL*-Met	0.11	
苏氨酸 Thr	0.07	
色氨酸 Trp	0.01	
豆油 Soybean oil	2.80	
磷酸氢钙 $Ca(HCO_3)_2$	0.70	
石粉 Limestone	0.72	1.09
氯化胆碱 Choline chloride	0.15	0.15
食盐 NaCl	0.30	0.30
维生素预混料 Vitamin premix1)	0.03	0.03
矿物质预混料 Mineral premix2)	0.30	0.30
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels3)		
消化能 DE/(MJ/kg)	14.21	12.95
粗蛋白质 CP	13.79	13.00

粗纤维 CF	2.44	3.10
钙 Ca	0.59	0.46
总磷 TP	0.54	0.44
有效磷 AP	0.32	0.15
赖氨酸 Lys	0.85	0.51
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.48	0.37
苏氨酸 Thr	0.52	0.41
色氨酸 Trp	0.15	0.13

N：NRC（2012）；C：中国猪饲养标准（2004）。下表同。

N: National Research Council (2012); C: Chinese Feeding Standard of Swine (2004). The same as below.

1) 维生素预混料为每千克饲粮提供 Vitamin premix provides the following per kilogram of diet: VA 1 200 000 IU，VD_3 300 000 IU，VE 750 IU，VK_3 150 mg，VB_1 60mg，VB_2 480 mg，VB_6 180 mg，VB_{12} 0.9 mg，泛酸 pantothenate 750 mg，叶酸 folic acid 15 mg，烟酸 niacin 105 mg，抗氧化剂 antioxidants 15 mg.

2) 矿物质预混料可为每千克饲粮提供 Mineral premix provides the following per kilogram of diet: Fe 100 mg，Cu 5 mg，Zn 80 mg，Mn 3 mg，I 0.14 mg，Se 0.25 mg.

3) 营养水平为计算值。Nutrient levels are calculated values.

1.3 饲养管理

试验在四川农业大学动物营养研究所教学科研实验基地进行。单栏饲养，预试 5 d 后进入正式试验。每日饲喂 3 次（08:30，13:30，18:30），少喂勤添，喂料量以料槽内略有剩余为度。试验猪自由饮水，圈舍内温度保持在 18~20 ℃。

1.4 屠宰及组织取样

屠宰分批进行，当试验猪平均体重达 90 kg 时，选择体重较大的 5 头猪进行屠宰。分离左侧胴体（保留板油和肾脏）立即进行胴体性状的测定；迅速在胸腰椎结合处对背最长肌取样，一部分用于测定肉色、大理石纹和剪切力；取倒数第 1~2 胸椎段背最长肌，用于测定肌肉 pH，肉样的宽度和厚度均应大于 3 cm；取倒数第 3~4 胸椎段背最长肌，剔除背最长肌肌膜，用于测定滴水损失。

1.5 测定指标及方法

1.5.1 生长性能

试验期每日结算余料，做好采食量记录，试验猪每周一 08:00 空腹称重。

平均日采食量（ADFI）=试验期采食量/试验天数；

平均日增重（ADG）=试验期增重/试验天数；

料重比（F/G）=ADFI/ADG。

1.5.2 胴体性状

胴体组成指标测量及计算方法参照《猪生产学》[12]。

1.5.2.1 胴体重

屠宰后去掉头、蹄、尾以及内脏并褪毛和放血，剩余的躯体重为胴体重。

1.5.2.2 胴体长

由第一肋骨与胸骨联合点起到耻骨联合前缘为胴体长（左半胴体）。

1.5.2.3 屠宰率

屠宰率由胴体重除以宰前活重得出，以百分比（%）表示。

1.5.2.4 平均背膘厚

用游标卡尺测定肩部最厚处、胸腰结合处和腰荐结合处的背膘厚度，取 3 点的平均值作为平均背膘厚。

1.5.2.5 眼肌面积

用游标卡尺测定 12~13 肋骨间背最长肌断面的高度和宽度。

眼肌面积（cm^2）=眼肌高度（cm）×眼肌宽度（cm）× 0.7。

1.5.3 肉质测定

参照 NY/T 1333-2007《畜禽肉品质测定方法》[13]和 GB/T 5009.6-2003[14]进行样本的采集和测定。

1.5.3.1 肌肉 pH

用便携式酸度计（OPTO-STAR，德国 R. Matthaus）直接测定宰后 45 min 和 24 h 肌肉样本的 pH。

1.5.3.2 肉色

用色差仪（CR-300，日本美能达公司）直接读数测定背最长肌 45 min 和 24 h 的亮度(L^*)、红度(a^*)和黄度(b^*)。

1.5.3.3 滴水损失

将新鲜肌肉组织修剪成长 5 cm、宽 3 cm、厚 2 cm 的肉块，记录其重量($W1$)；然后用铁丝挂住肉样，封在气体充盈的塑料袋内并系紧袋悬挂于 4 ℃，24 h 后去掉塑料袋对肉样称重，记录其重量($W2$)。

滴水损失（%）=[（$W1$-$W2$）/$W1$]×l00。

1.5.3.4 大理石纹评分

切取冷藏 24 h 后的肌肉，将其新鲜面对照大理石纹评分图（NPPC, 1991）进行评分。分值为 1 到 5 分，两级之间只允许评 0.5 分。

1.5.3.5 肌内脂肪

取 20 g 肌肉样本，用冷冻干燥仪对其进行干燥测定干物质含量。将肌肉样品粉碎过 40 目筛，按照 GB/T5009.6-2003 方法测定肌内脂肪含量。

1.5.3.6 剪切力

背最长肌肉样于4 ℃储存72 h，取厚2.5 cm，长7 cm的方形肉块，用蒸煮袋盛装，尽量排出袋内空气，扎好袋口，放入80 ℃的水浴锅加热，当肉中心温度达70 ℃时，取出冷却至室温，用取样器顺肌纤维方向取样，用嫩度仪测定其剪切力值。每个肉样测定9个重复，取平均值。

1.5.3.7 肌内脂肪

取5 g左右背最长肌肌肉样本，用冷冻干燥仪对其进行干燥，测定干物质含量。将肌肉样品粉碎过40目筛，取1 g左右冻干后样品进行索式抽提，肌内脂肪含量根据抽提前后样品重量差异进行计算。

1.5.4 背最长肌脂肪代谢相关基因表达量

1.5.4.1 总RNA提取

组织总RNA的提取采用RNAiso Reagent试剂盒（TaKaRa，中国，大连），将保存于超低温冰箱的背最长肌样品按照试剂盒的说明书提取组织总RNA。待RNA干燥后用焦碳酸二乙酯（DEPC）水溶解，检测所提取RNA的浓度和完整性。

1.5.4.2 引物设计

根据GenBank公布的固醇调节元件结合蛋白-1c（*SREBP-1c*）、激素敏感性脂肪酶（*HSL*）、脂肪酸合成酶（*FAS*）和18S-rRNA的基因序列来设计引物并检测引物的特异性，以18S-rRNA作为内参。引物由Invitrogen公司合成，目的基因和18S-rRNA实时定量（RT）-PCR扩增引物参数见表2。

1.5.4.3 cDNA合成

cDNA的合成采用SYBR Prime Script^{TM} RT-PCR试剂盒（TaKaRa，中国，大连），按说明书严格操作。

1.5.4.4 标准曲线制作

目的基因和18S-rRNA基因的标准曲线各6个点，每点3个重复。经反转录反应后的cDNA溶液，使用EASY Dilution将cDNA溶液按10^6、10^7、10^8、10^9、10^{10}和10^{11}浓度梯度稀释后，各取1 μL进行实时荧光定量PCR反应。

1.5.4.5 实时荧光定量PCR

采用 SYBR Premix Ex Taq^{TM}（TaKaRa，中国，大连）对内参和目的基因进行 PCR 扩增。反应体系 10 μL：包括 5 μL SYBR Premix Ex Taq^{TM}(2×)、上下游引物各 1 μL (4 μmol/L)、DEPC 水 2 μL 和 1 μL cDNA (10 ng)。反应条件：95 ℃预变性 10 s，95 ℃变性 5 s, 退火 25 s（退火温度见表 2），40 个循环。扩增完后进行熔解曲线分析，温度从 65~95 ℃，每 0.5 ℃读板 1 次，每次持续 0.5 s，连续检测荧光。

表 2　RT-PCR 目的基因与 18S-rRNA 引物序列

Table 2　Primer sequences of target gene and 18S-rRNA for real-time quantitative PCR

基因 Genes	引物序列 Primer sequences (5’-3’)	片段长度 Product length/bp	基因登陆号 GenBank accession No.	退火温度 Annealed temperature/℃
18S-rRNA	F:CTGCCTTCCTTGGATGTG R:GCGGCTTTGGTGACTCTA	195	AY265350	57.9
固醇调节元件结合蛋白-1c *SREBP-1c*	F: GCGACGGTGCCTCTGGTAGT R: CGCAAGACGGCGGATTTA	218	AY307771.1	61.5
脂肪酸合成酶 *FAS*	F: AGCCTAACTCCTCGCTGCAAT R: TCCTTGGAACCGTCTGTGTTC	196	AY183428	61.5
激素敏感性脂肪酶 *HSL*	F: GCCCGAGACGAGATTAG R:ATGAAGGGATTCTTGACG	143	AJ000482.1	55.0

1.6 数据统计与分析

SREBP-1c、*HSL* 和 *FAS* mRNA 相对表达量用 $2^{-\Delta\Delta Ct}$ 法计算[15]。试验数据采用 Excel 2010 进行整理，采用 SAS 9.0 软件的一般线性模型（GLM）程序对试验数据进行双因素分析，并用 Duncan 氏法进行多重比较。结果以平均值和标准误表示，P<0.05 表示差异显著。

2 结 果

2.1 品种和营养水平对猪生长性能的影响

由表3可见，饲粮营养水平的增加显著降低了猪的F/G（P<0.05）。营养水平和品种对猪的ADG和ADFI有显著的互作效应（P<0.05），增加营养水平仅能提高高坡猪的ADG和ADFI（P<0.05），而对DLT的ADG和ADFI无显著影响（P>0.05）。

表 3 品种和营养水平对猪生长性能的影响

Table 3 Effects of breed and nutrient level on growth performance of pigs

项目 Items	“杜×长×太”三元杂交猪 “Duroc×Landrace×*Taihu*” crossbred pigs		高坡猪 *Gaopo* pigs		SEM	*P* 值 *P*-value		
	C	N	C	N		品种 Breed	营养水平 Nutrient level	品种×营养水平 Breed×nutrient level
平均日采食量 ADFI/kg	3.13[a]	2.90[ab]	2.34[b]	3.03[a]	0.13	<0.05	<0.05	<0.05
平均日增重 ADG/kg	0.64[ab]	0.75[ab]	0.53[b]	0.90[a]	0.05	NS	<0.05	<0.05
料重比 F/G	4.94[a]	3.88[b]	4.49[a]	3.36[b]	0.22	NS	<0.05	NS

同行数据肩标相同小写字母无字母表示差异不显著（P>0.05），不同小写字母表示差异显著

（*P*<0.05），NS表示差异不显著（*P*>0.05）。下表同。

In the same row, values with the same or no small letter superscripts mean no significant difference (*P*>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (*P*<0.05), and NS mean no significant difference （*P*>0.05）. The same as below.

2.2 品种和营养水平对猪胴体性状的影响

品种和营养水平对猪胴体性状的影响见表4。DLT的眼肌面积显著高于高坡猪（*P*<0.05），而平均背膘厚显著低于高坡猪（*P*<0.05）。营养水平和品种对胴体长有显著的互作效应（*P*<0.05），随着营养水平的升高，高坡猪的胴体长显著增加（*P*<0.05），而DLT的胴体长无显著变化（*P*>0.05）。此外，品种和营养水平对胴体重和屠宰率无显著影响（*P*>0.05）。

表4 品种和营养水平对猪胴体性状的影响

Table 4 Effects of breed and nutrient level on carcass traits of pigs

项目 Items	"杜×长×太"三元杂交猪 "Duroc×Landrace×*Taihu*" crossbred pigs		高坡猪 *Gaopo* pigs		SEM	*P* 值 *P*-value		
	C	N	C	N		品种 Breed	营养水平 Nutrient level	品种×营养水平 Breed×nutrient level
胴体重 Carcass weight/kg	55.20	58.55	55.85	54.20	1.79	NS	NS	NS
胴体长 Carcass length/cm	99.18[a]	97.92[a]	78.62[b]	99.58[a]	3.20	<0.05	<0.05	<0.05
眼肌面积 Loin-eye area/cm^2	25.60[a]	30.26[a]	14.05[b]	11.65[b]	1.30	<0.05	NS	NS
平均背膘厚 Average back fat thickness/cm	2.47[b]	2.63[b]	3.38[ab]	3.85[a]	0.22	<0.05	NS	NS
屠宰率 Dressing percentage/%	64.08	66.14	63.71	64.17	0.94	NS	NS	NS

2.3 品种和营养水平对猪肉质的影响

由表5可知，猪的肉质受品种和营养水平的影响，主要体现在滴水损失和肉色的$a^*_{45\ min}$、$a^*_{24\ h}$、$L^*_{24\ h}$、$b^*_{24\ h}$（*P*<0.05）。高坡猪肉色的$L^*_{24\ h}$、$b^*_{24\ h}$均显著高于DLT（*P*<0.05），而$L^*_{45\ min}$和$a^*_{24\ h}$有高于DLT的趋势（0.05<*P*<0.10）。营养水平和品种对肉色$a^*_{24\ h}$有显著的互作效应（*P*<0.05），营养水平升高显著提高了高坡猪肉色的$a^*_{24\ h}$（*P*<0.05），营养水平对肉色的$L^*_{24\ h}$和滴水损失有显著影响（*P*<0.05），显著降低了DLT肉色的$a^*_{45\ min}$、$a^*_{24\ h}$（*P*<0.05）。此外，品种和营养水平对肉色的$b^*_{45\ min}$、pH和剪切力无显著影响（*P*>0.05）。

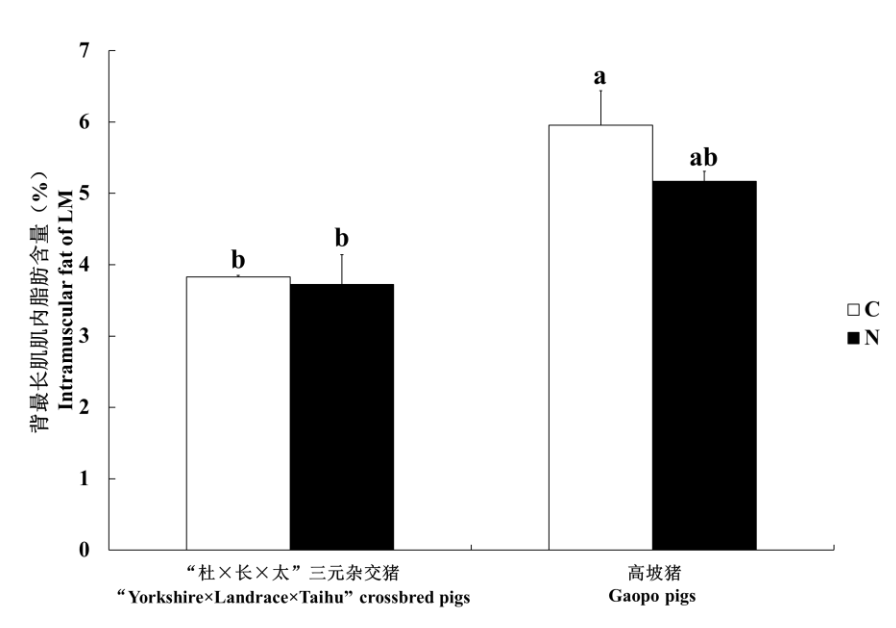
表 5　品种和营养水平对猪肉质的影响

Table 5　Effects of breed and nutrient level on meat quality of pigs

项目 Items	“杜×长×太”三元杂交猪 “Duroc×Landrace×*Taihu*”crossbred pigs		高坡猪 *Gaopo* pigs		SEM	*P* 值 *P*-value		
	C	N	C	N		品种 Breed	营养水平 Nutrient level	品种×营养水平 Breed×nutrient level
亮度 $_{45\ min}$ $L^*_{45\ min}$	43.61	44.17	46.19	45.83	1.07	0.07	NS	NS
红度 $_{45\ min}$ $a^*_{45\ min}$	7.49[a]	5.85[b]	6.53[ab]	6.14[ab]	0.34	NS	<0.05	0.09
黄度 $_{45\ min}$ $b^*_{45\ min}$	2.01	2.40	2.12	2.41	0.29	NS	NS	NS
亮度 $_{24\ h}$ $L^*_{24\ h}$	52.13[b]	51.06[b]	55.23[a]	52.35[b]	0.50	<0.05	<0.05	0.09
红度 $_{24\ h}$ $a^*_{24\ h}$	9.46[a]	7.79[b]	8.34[b]	9.87[a]	0.26	0.09	NS	<0.05
黄度 $_{24\ h}$ $b^*_{24\ h}$	5.48[b]	5.20[b]	6.65[a]	6.16[ab]	0.27	<0.05	NS	NS
$pH_{45\ min}$	6.35	6.39	6.37	6.60	0.09	NS	NS	NS
$pH_{24\ h}$	5.31	5.12	5.50	5.41	0.11	NS	NS	NS
大理石纹评分 Marbling score	3.00	2.80	2.80	3.50	0.24	NS	NS	0.08
滴水损失 Drip loss/%	3.42[ab]	2.60[ab]	3.70[a]	2.18[b]	0.21	NS	<0.05	NS
剪切力 Shear force/kgf	6.79	8.45	5.95	6.62	1.20	NS	NS	NS

2.4 品种和营养水平对猪背最长肌肌内脂肪含量的影响

品种和营养水平对背最长肌肌内脂肪含量的影响见图 1。从图 1 可以看出，不同品种猪的背最长肌肌内脂肪含量不同，高坡猪的背最长肌肌内脂肪含量高于 DLT。营养水平对背最长肌肌内脂肪含量无显著影响（$P>0.05$）。



数据柱标注不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05）。下图同。

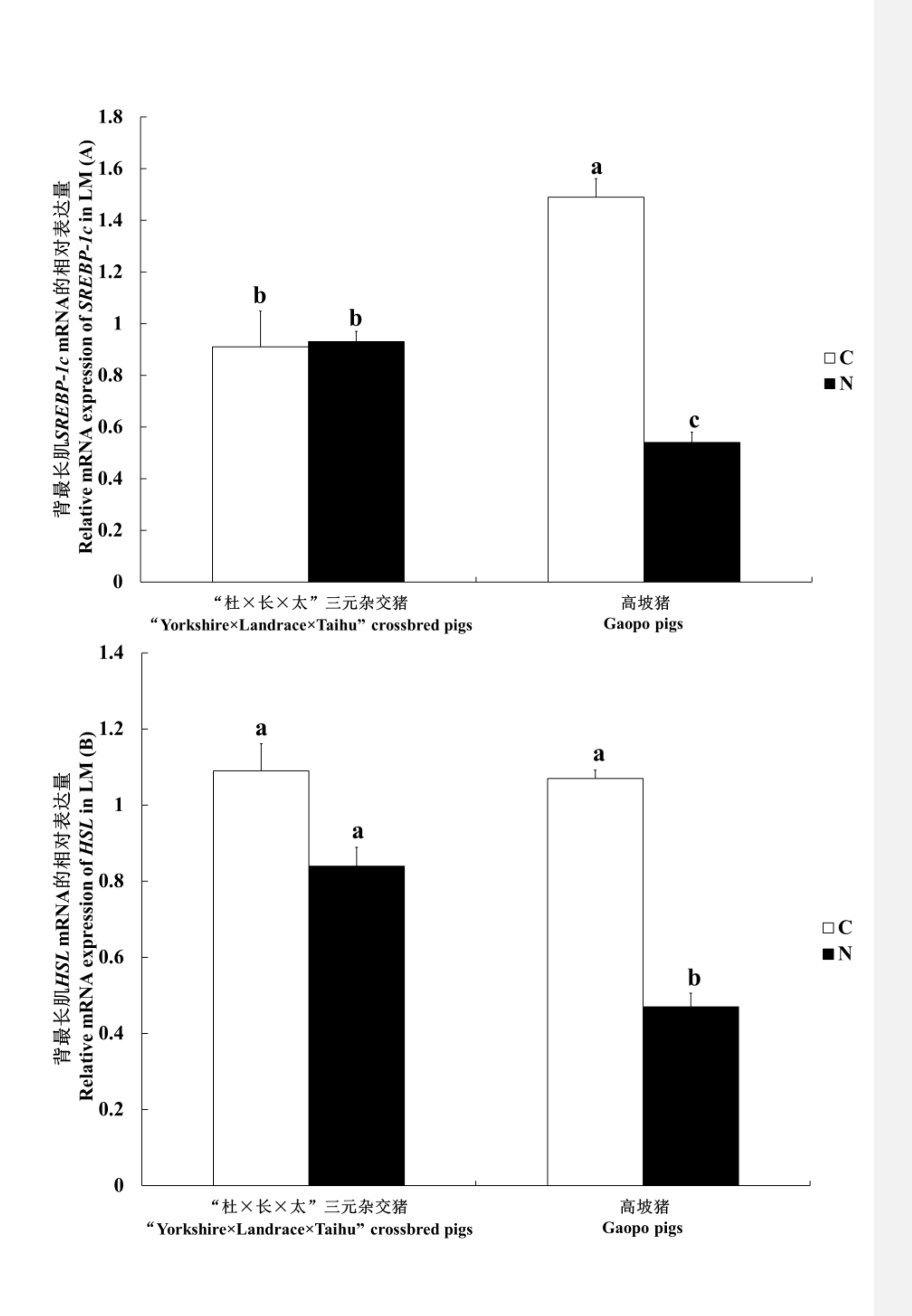
Value columns with different small letters mean significantly difference (*P*<0.05). The same as below.

图1　品种和营养水平对背最长肌肌内脂肪含量的影响

Fig.1　Effects of breed and nutrient level on the content of intramuscular fat of longissimus dorsi muscle of pigs

2.5 品种和营养水平对背最长肌脂肪代谢基因相对表达量的影响

品种和营养水平对背最长肌脂肪代谢基因相对表达量的影响见图 2。营养水平升高仅显著下调了高坡猪 *SREBP*-1*c* 和 *HSL* mRNA 的相对表达量（*P*<0.05），对 DLT *SREBP*-1*c* 和 *HSL* mRNA 相对表达量无显著影响（*P*>0.05）。不同品种和营养水平对 *FAS* mRNA 的相对表达量无显著影响（*P*>0.05）。



背最长肌SREBP-1c mRNA的相对表达量
Relative mRNA expression of SREBP-1c in LM (A)
1.8
1.6
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
b
b
a
c
□C
■N
“杜×长×太”三元杂交猪
“Yorkshire×Landrace×Taihu” crossbred pigs
高坡猪
Gaopo pigs
背最长肌HSL mRNA的相对表达量
Relative mRNA expression of HSL in LM (B)
1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
a
a
a
b
□C
■N
“杜×长×太”三元杂交猪
“Yorkshire×Landrace×Taihu” crossbred pigs
高坡猪
Gaopo pigs

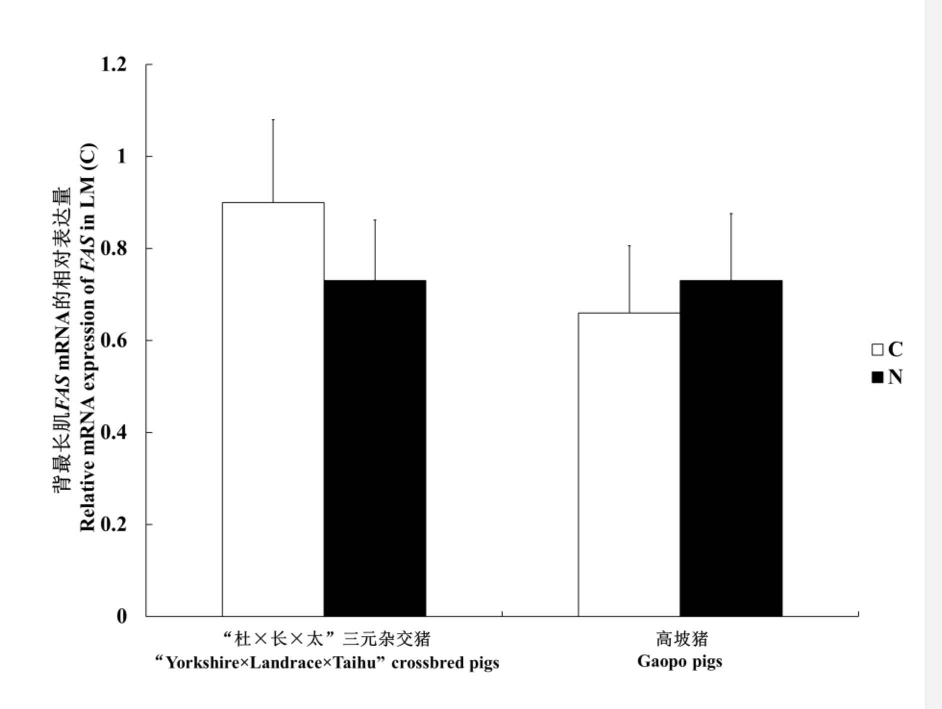


图 2　品种和营养水平对背最长肌 *SREBP*-1*c*，*HSL* 和 *FAS* mRNA 相对表达量的影响

Fig.2　Effects of breed and nutrient level on ralative expression of *SREBP*-1*c*, *HSL* and *FAS* mRNA of longissimus dorsi muscle of pigs

3 讨　论

因品种、体重、饲养条件不同，猪生长所需要的营养水平也不同，饲粮营养水平过低或过高，都会引起猪生长性能变化。高坡猪胴体性状好、肉质优良，但瘦肉率低、生长发育缓慢，通过营养水平改善其生长性能具有较大的生产意义。与NRC（2012）相比，中国猪营养标准（2004）是一种低能量低蛋白质的饲粮标准。Kim等[16]研究发现，随着饲粮能量水平的增加，F/G显著降低。在本试验中，高坡猪饲喂NRC（2012）营养水平的饲粮可以增加ADG并降低F/G，说明提高高坡猪的营养水平能够提高高坡猪的生长速度和饲料转化率。饲粮能量水平的升高可增加血液中瘦素的含量[17]，瘦素通过抑制神经肽Y的表达及分泌来抑制食欲，减少机体对能量的摄取[18]。

猪的胴体性状指胴体重量和组成，主要包括胴体重、平均背膘厚、眼肌面积和屠宰率。在本试验中，DLT的胴体长、眼肌面积显著高于高坡猪，而平均背膘厚显著低于高坡猪，可见不同品种猪的胴体性状有显著差异，这与储明星等[19]研究结果一致。大量研究表明，饲粮蛋白质水平的提高有促进蛋白质沉积的作用，从而增加眼肌面积[8, 20]。在本试验中，DLT摄入高蛋白质水平的饲粮可以增加眼肌面积，而高坡猪摄入高蛋白质水平的饲粮眼肌面积减少；在

NRC（2012）营养水平下，高坡猪的ADG显著增加，但胴体重无显著变化。这可能是因为屠宰体重一致，生长时间不同，肌肉发育状况存在差异，从而影响胴体性状。因此，在NRC（2012）营养水平下，高坡猪增加的ADG在胴体重中未反应出来是正常的。严鸿林等[21]研究也表明，屠宰日龄可以影响猪的胴体重。

品种是决定猪肉质的主要因素，不同品种、品系间的肉质会有一定的差异。研究表明不同品种猪肌肉的大理石纹、pH、肉色和滴水损失存在显著差异[22]。本研究结果显示，饲喂相同营养水平的饲粮，高坡猪宰后45 min到24 h之间背最长肌pH的降低较DLT缓慢，而pH的变化程度反映了肉的嫩度[23]，说明高坡猪有较好的嫩度，且不易产生白肌肉(PSE肉)。饲粮营养水平显著影响猪肉质，适宜的饲粮能量和蛋白质水平不仅影响动物的生长性能、胴体性状和饲料成本，还对肉的风味、嫩度、多汁性产生影响，从而影响消费者的感官品质。欧秀琼等[24]研究发现，饲粮营养水平明显影响肉色、滴水损失和大理石纹。在本试验中，高坡猪饲喂高营养水平的饲粮可以提高猪肉的a^*，降低滴水损失，有提高大理石纹评分的趋势。因此，高营养水平的饲粮可以改善高坡猪猪肉感官品质。

肌内脂肪富含磷脂，而磷脂是肉品挥发性风味成分的重要前体物质。研究表明，饲粮能量水平对猪肌内脂肪含量无显著影响，影响肌内脂肪含量的因素主要有品种、屠宰体重和肌肉部位[25]。在本试验中，高坡猪的背最长肌肌内脂肪含量显著高于DLT，而营养水平对肌内脂肪含量无显著影响。由此推测，影响肌内脂肪含量的因素主要是品种，而能量水平达到一定程度后，过多的能量以热量的形式损耗掉[26-27]。黄英等[28]研究NRC（1998）和乌金猪饲粮对乌金猪脂肪组织脂类分解代谢相关基因表达的影响发现，乌金猪饲粮组*HSL* mRNA相对表达量高于NRC（1998）组。在本试验中，营养水平升高显著下调了高坡猪*SREBP*-1*c*和*HSL* mRNA相对表达量。SREBP-lc是调节脂肪合成的关键转录因子[29]，它能够激活脂肪酸生物合成的酶基因[30]。FAS是动物体脂肪酸从头合成的关键性酶，是体组织发挥最大脂肪酸再生能力的主要限速酶[31]。说明在高营养水平下，高坡猪通过下调脂肪分解代谢相关基因的表达抑制了脂肪组织脂肪的分解，增加了脂肪沉积。

4 结　论

综上所述，在本试验条件下，品种和营养水平对猪生长性能、胴体性状和肉质有显著影响；DLT胴体性状优于高坡猪，肉质反之；饲粮营养水平升高显著提高了DLT胴体性状和高坡猪的肉质，对生长性能有一定的改善。

参考文献：

[1] 陈代文,张克英,胡祖禹,等.营养水平及性别对生长育肥猪肉质性状发育规律的影响[J].四川农业大学学报,2002,20(1):7–11.

[2] 葛长荣,赵素梅,张曦,等.不同日粮蛋白水平对乌金猪生长性能和胴体品质的影响[J].畜牧兽

医学报,2008,39(11):1499–1509.

[3] 朱砺,李学伟,李芳琼,等.肉质性状的影响因素研究[J].四川农业大学学报,2002,20(1):17–19.

[4] 呼红梅,朱荣生,王继英,等.莱芜猪肉质特性研究[J].家畜生态学报,2008,29(2):6–9.

[5] 李良华,蒋思文,宋忠旭,等.大白、梅山猪及正反交F_1代肌内脂肪的肉质作用与遗传规律探讨[J].黑龙江畜牧兽医,2009(6):11–12.

[6] LEE C Y,LEE H P,JEONG J H,et al.Effects of restricted feeding,low-energy diet,and implantation of trenbolone acetate plus estradiol on growth,carcass traits,and circulating concentrations of insulin-like growth factor (IGF)-Ⅰ and IGF-binding protein-3 in finishing barrows[J].Journal of Animal Science,2002,80(1):84–93.

[7] 周招洪,陈代文,郑萍,等.饲粮能量和精氨酸水平对育肥猪生长性能、胴体性状和肉品质的影响[J].中国畜牧杂志,2013,49(15):40–45.

[8] GOERL K F,EILERT S J,MANDIGO R W,et al.Pork characteristics as affected by two populations of swine and six crude protein levels[J].Journal of Animal Science,1995,73(12):3621–3626.

[9] BUCKLEY D J,MORRISSEY P A,GRAY J I.Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat[J].Journal of Animal Science,1995,73(10):3122–3130.

[10] WILBORN B S,KERTH C R,OWSLEY W F,et al.Improving pork quality by feeding supranutritional concentrations of vitamin D_3[J].Journal of Animal Science,2004,82(1):218–224.

[11] 黄其春.饲料中营养物质对猪肉品质的影响[J].饲料博览,2002(4):29–31.

[12] 杨公社.猪生产学[M].北京:中国农业出版社,2002:55.

[13] 中华人民共和国农业部.NY/T 1333–2007 畜禽肉质的测定[S].北京:中国标准出版社,2007.

[14] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会.GB/T 5009.6–2003 食品中脂肪的测定[S].北京:中国标准出版社,2004.

[15] WONG M L,MEDRANO J F.Real-time PCR for mRNA quantitation[J].Biotechniques,2005,39(1):75–85.

[16] KIM B G,LINDEMANN M D,CROMWELL G L.Effects of dietary chromium (III) picolinate on growth performance,respiratory rate,plasma variables,and carcass traits of pigs fed high-fat diets[J].Biological Trace Element Research,2010,133(2):181–196.

[17] 李珂.高脂日粮诱导肥胖表型猪相关基因差异表达分析及分子网络构建[D].博士学位论文.雅安:四川农业大学,2011:19.

[18] BARB C R,HAUSMAN G J,HOUSEKNECHT K L.Biology of leptin in the pig[J].Domestic Animal Endocrinology,2001,21(4):297–317.

[19] 储明星,吴常信.我国关于太湖猪与西方猪的杂交效果[J].黑龙江畜牧兽医,1999(6):9–11.

[20] 张克英,陈代文,罗献梅,等.饲粮理想蛋白水平对猪肉品质的影响[J].四川农业大学学报,2002,20(1):12–16.

[21] 严鸿林,余冰,郑萍,等.不同初生重、饲粮能量水平和屠宰日龄对猪生产性能、胴体性状及肉品质的影响[J].中国畜牧杂志,2013,49(17):33–38.

[22] 曾勇庆,樊新忠,王慧,等.杜洛克和汉普夏猪及其正反交F_1杂种猪肉质特性的研究[J].中国畜牧杂志,2001,37(1):20–21.

[23] HUFF-LONERGAN E,LONERGAN S M,VASKE L.pH relationships to quality attributes:tenderness[Z].Meat Science Reciprocation Series.AMSA-American Meat Science Association,Oxford,2000:1–4.

[24] 欧秀琼,钟正泽,黄健,等.品种与营养水平及其互作对猪肉质的影响[J].四川畜牧兽医,2000,27(11):17,19.

[25] MERSMANN H J.Adipose tissue lipolytic rate in genetically obese and lean swine[J].Journal of Animal Science,1985,60(1):131–135.

[26] SEERLEY R W,MCDANIEL M C,MCCAMPBELL H C.Environmental influence on utilization of energy in swine diets[J].Journal of Animal Science,1978,47(2):427–434.

[27] BRUN S,CARMONA M C,MAMPEL T,et al.Activators of peroxisome proliferator-activated receptor-alpha induce the expression of the uncoupling protein-3 gene in skeletal muscle:a potential mechanism for the lipid intake-dependent activation of uncoupling protein-3 gene expression at birth[J].Diabetes,1999,48(6):1217–1222.

[28] 黄英,李永能,杨明华,等.两种日粮对乌金猪脂肪组织脂类分解代谢相关基因表达的影响[J].家畜生态学报,2013,34(5):16–20.

[29] ASSAF S,HAZARD D,PITEL F,et al.Cloning of cDNA encoding the nuclear form of chicken sterol response element binding protein-2 (SREBP-2),chromosomal localization,and tissue expression of chicken *SREBP*-1 and-2 genes[J].Poultry Science,2003,82(1):54–61.

[30] STOECKMAN A K,TOWLE H C.The role of SREBP-1c in nutritional regulation of lipogenic enzyme gene expression[J].The Journal of Biological Chemistry,2002,277(30):27029–27035.

[31] LIU C Y,GRANT A L,KIM K H,et al.Porcine somatotropin decreases acetyl-CoA carboxylase gene expression in porcine adipose tissue[J].Domestic Animal Endocrinology,1994,11(1):125–132.

带格式的：字体：倾斜

Effects of Breed and Nutrient Level on Growth Performance, Carcass Traits and Meat Quality of Pigs

LI Dengfu[1, 2] WAN Jin[1] XU Bing[1] CHEN Daiwen[1] YU Bing[1] HE Jun[1*]

(1. Key Laboratory for Animal Disease-Resistance Nutrition of Ministry of Education, Sichuan Agriculture University, Chengdu 611130*, China; 2. Guiyang Animal Husbandry Station, Guiyang* 550081*, China*)

Abstract: The experiment was conducted to investigate the effects of breed and nutrient level on growth performance, carcass traits and meat quality of pigs. Twelve pairs of *Gaopo* pigs and

*Corresponding author, professor, E-mail: hejun8067@163.com （责任编辑　武海龙）

"Duroc×Landrace×*Taihu*" crossbred pigs (DLT) with an initial body weight of (61.16±4.13) kg were randomly assigned to receive National Research Council (2012) diet or Chinese Feeding Standard of Swine (2004) diet and slaughtered at an average weight of 90 kg. The results showed as follows: the loin-eye area of DLT was significantly higher than that of *Gaopo* pigs ($P<0.05$), while the intramuscular fat content, average back fat thickness and meat color $L^*_{24\ h}$ and $b^*_{24\ h}$ of DLT were significantly lower than that of *Gaopo* pigs ($P<0.05$). The feed to gain of pigs was significantly decreased when fed with high nutrient level diet ($P<0.05$). Intake of high nutrient level diet not only increased average daily gain, average daily feed intake, carcass length and meat color $a^*_{24\ h}$ ($P<0.05$), but also decreased meat color $L^*_{24\ h}$, drip loss and the relative mRNA expression of sterol-regulatory element binding protein-1c and hormone-sensitive triglayceride lipase of *Gaopo* pigs ($P<0.05$). Intake of high nutrient level diet significantly decreased meat color $a^*_{45\ min}$ and $a^*_{24\ h}$ of DLT ($P<0.05$). The results indicate that growth performance, carcass traits and meat quality of pigs are influenced by breed and nutrient level; carcass traits of DLT is better than *Gaopo* pigs, while meat quality of DLT is poorer than *Gaopo* pigs. Intake of high nutrient level diet can improve carcass traits of DLT, meat quality of *Gaopo* pigs and the growth performances of pigs.

Key words: breed; nutrient level; growth performance; carcass traits; meat quality

删除的内容: Stangdard

删除的内容: coulor

删除的内容: coulor

删除的内容: coulor

删除的内容: coulor